

Original document

## METHOD AND UNIT FOR PRESENTING INNER FORCE SENSE USING GYRO

Publication number: WO02073385

Publication date: 2002-09-19

Inventor: NAKAMURA NORIO (JP); FUKUI YUKIO (JP);  
YAMASHITA JULI (JP); NAKATA KENTARO (JP)

Applicant: NAT INST OF ADVANCED IND SCIEN (JP); NAKAMURA  
NORIO (JP); FUKUI YUKIO (JP); YAMASHITA JULI (JP);  
NAKATA KENTARO (JP)

Classification:





- international: **G06F3/00; G06F3/033; G06F3/00; G06F3/033; (IPC1-7):**  
G06F3/00; A61B5/22; A61B19/00; A63F13/02; A63F13/06;  
B25J3/00

- European:

Application number: WO2002JP02217 20020308

Priority number(s): JP20010065562 20010308

Cited documents:

 JP20003087:  
 JP3072099U  
 JP20011130:  
 XP00295584

[View INPADOC patent family](#)

[View list of citing documents](#)

[Report a data error here](#)

### Abstract of **WO02073385**

A unit for presenting presence of a virtual object or impact of collision utilizing a fact that a torque of arbitrary magnitude can be generated in an arbitrary direction by controlling the rotational direction and speed of a rotator buried in a man-machine interface device. Furthermore, a rotational reaction is generated by employing a gyroscope as the rotator and the reaction is controlled by controlling the attitude and r.p.m. of the gyroscope.

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002年9月19日 (19.09.2002)

PCT

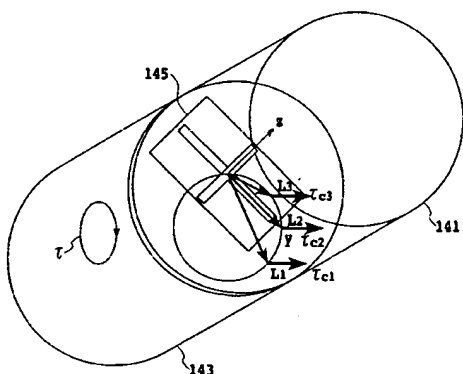
(10) 国際公開番号  
WO 02/073385 A1

- (51) 国際特許分類: G06F 3/00, A63F 13/02, B25J 3/00, A63F 13/06, A61B 5/22, 19/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/02217
- (22) 国際出願日: 2002年3月8日 (08.03.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2001-065562 2001年3月8日 (08.03.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒100-8921 東京都千代田区霞が関一丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中村 則雄 (NAKAMURA, Norio) [JP/JP]; 〒305-8566 茨城県つくば市東1丁目1-1 独立行政法人産業技術総合研究所 中央第6産総研内 Ibaraki (JP). 福井 幸男 (FUKUI, Yukio) [JP/JP]; 〒300-0845 茨城県土浦市乙戸南3丁目1-4 Ibaraki (JP). 山下 樹里 (YAMASHITA, Juli) [JP/JP]; 〒305-8566 茨城県つくば市東1丁目1-1 独立行政法人産業技術総合研究所 中央第6産総研内 Ibaraki (JP). 仲田 謙太郎 (NAKATA, Kentaro) [JP/JP]; 〒319-0202 茨城県西茨城郡岩間町下郷4147-3 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目6-20 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND UNIT FOR PRESENTING INNER FORCE SENSE USING GYRO

(54) 発明の名称: ジャイロを用いた力覚呈示方法及び装置



(57) Abstract: A unit for presenting presence of a virtual object or impact of collision utilizing a fact that a torque of arbitrary magnitude can be generated in an arbitrary direction by controlling the rotational direction and speed of a rotator buried in a man-machine interface device. Furthermore, a rotational reaction is generated by employing a gyroscope as the rotator and the reaction is controlled by controlling the attitude and r.p.m. of the gyroscope.

(57) 要約:

仮想物体の存在又は衝撃力呈示装置は、マンマシンインターフェイスデバイス内部に埋め込まれた回転体の回転方向、回転速度を制御することによって、任意の大きさ任意の方向にトルクを発生させることができることを利用して、仮想物体の存在や衝突の衝撃力を呈示する。さらに、回転体として、ジャイロスコープを用いて回転反力を発生させ、ジャイロスコープの姿勢および回転数の制御によってその反力の制御を行う。



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,  
NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA,  
ZM, ZW.

LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW,  
MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許  
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特  
許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## ジャイロを用いた力覚呈示方法及び装置

5

## 技術分野

本発明は、バーチャル・リアリティー（Virtual Reality：VR）分野、ゲーム分野等で用いるためのマンマシンインターフェイスに関し、特に、マンマシンインターフェイスを介して人に力を呈示したり抗力・反力などを与えて  
10 人の動きを制限することにより、仮想空間における物体の存在や衝突による衝撃を呈示する装置に関する。

## 背景技術

従来より、センサーでとらえた人の動作に応じて映像、音声、触感・体感などを生成し、コンピュータの作り出す空間に実際にいるような感覚を生じさせるVRが知られている。従来のVRにおける力覚呈示デバイスとしては、抗  
15 力・反力の力覚呈示において、人間の感覚器官に接した力覚呈示部と力覚呈示システム本体とがワイヤーやアームでつながれている。しかしながら、これらワイヤーやアームなどの存在が人間の動きを制限するという欠点があり、また、  
20 力覚呈示システム本体と力覚呈示部がワイヤーやアームでつながる有効空間でしか使用できないために、使用できる空間的広がりには制限があった。

（参考文献1：Grigore C. Burdea; "Force and touch feedback for virtual reality" A Wiley-Interscience Publication JOHN WILBY & SONS, INC. p90-93. 1996.

25 参考文献2：Thomas H. Massie and J. K. Salisbury; "The PHANTOM Haptic Interface: A Device for Probing Virtual Objects" Proceeding of the ASME

Winter Annual Meeting, Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, Chicago, IL, Nov. 1994.

参考文献3 : Allan M. Wyld; "The Feynman Lectures on Physics: Commemorative Issue" California Institute of Technology, p.20-1 ~ 20-8, 5 1989)

このように、人に仮想物体の存在や衝突の衝撃力を与える従来のマンマシン  
インターフェイスデバイスにおいては、複数のインターフェイスが同一空間内  
に存在した場合、ワイヤーやアームがお互いに干渉しあって共存できないとい  
う欠点が存在し、また、アームやワイヤーなどの有効範囲によって、人の動き  
10 や行動範囲が制限されるという欠点が存在していた。

#### 発明の開示

本発明は、上記のような従来技術の欠点を解消するために発明されたもので  
あり、マンマシンインターフェイスデバイス内部に埋め込められた回転体の回  
15 転方向、回転速度を制御することによって、任意の大きさ任意の方向にトルク  
を発生させて、仮想物体の存在や衝突の衝撃力を呈示するものである。

さらに、具体的に言えば、本発明は、ジャイロスコープを用いて回転反力を  
発生させ、ジャイロスコープの姿勢および回転数の制御によって反力の制御を  
行うことを特徴とするものである。

20 ここで、少し注意すべきことは、本発明におけるジャイロスコープとは、通  
常のジャイロスコープとは使い方が異なっていることである。通常のジャイロ  
スコープにおいては、ジャイロスコープの角運動量に変化しないことを利用す  
るものであるが、本発明のジャイロスコープにおいては、ジャイロスコープの  
角運動量を積極的に変化させて利用する。したがって、本発明におけるジャイ  
25 ロスコープは、「ジャイロ型トルクアクチュエータ」とも呼び得るものである。

また、ジャイロスコープの回転体の回転姿勢を制御する方法としては、回転

軸受けが不要となる反発浮上型が好ましいが、吸引浮上型でも原理的には実現可能である。

ところで、ジャイロスコープ中の回転体が回転しているときに、外力によってジャイロスコープ本体が回転させられると、トルクが発生してしまう。そこで、本発明の一形態では、反対向きに同じ回転数で回転する2組のジャイロスコープを用いることで、回転体を回転させたままでもジャイロ効果を打ち消すことができ、ジャイロスコープ本体が回転した時のトルク発生をゼロにすることが可能になるようにしている。

また、本発明の別の形態のように、3軸上に配置・固定された3つのジャイロスコープによって各々の軸方向に回転力を発生させると、ジャイロの姿勢制御部がなくなり、装置はさらに簡素化する。

上記構成により、本発明によれば、手に収まるほどの小さなインターフェイスデバイスに内蔵された回転体の回転制御によってトルクを呈示することにより、アームやワイヤーが不要となり、複数のインターフェイスが同一空間内に共存することができる。また、本発明によれば、インターフェイスデバイスとVR機器本体とはリード線またはコードレスで結ばれることができるので人の動きを妨げない。また、本発明によれば、任意方向のトルクベクトル発生のために3つのジャイロスコープを用いることで、回転体を姿勢制御する可動的回転軸受け部分が不要となるために構造が簡単になり、構造強度が増す。また、本発明によれば、ツイン・ジャイロスコープを用いることで、回転体が回転している状態でも、ジャイロスコープ本体の回転による不必要なトルク発生を抑えることができる。

#### 図面の簡単な説明

図1～図13は、それぞれ本発明の原理と作用を説明する図であって；

図1は、角運動量の大きさが一定で方向が変化した場合のトルクベクトルを

示すベクトル図であり；

図 2 は、角運動量の方向が一定で大きさが変化した場合のトルクベクトルを示すベクトル図であり；

図 3 は、角運動量の大きさ及び方向が変化した場合のトルクベクトルを示す  
5 ベクトル図であり；

図 4A、図 4B、図 4C、図 4D は、それぞれジャイロスコープに働くトルクベクトルを示すベクトル図、平面図、正面図、側面図であり；

図 5 は、ジャイロスコープの動きの影響を受けるトルクベクトルを示すベクトル図であり；

10 図 6 は、周期的に方向が変わるトルクベクトルを示すベクトル図であり；

図 7 は、各時刻の角運動量、角運動量の変化分及び角運動量の変化に伴ってジャイロスコープ・カバーに発生するトルクベクトルを示すベクトル図であり；

図 8 は、継続的に一定方向を示すトルクベクトルを示すベクトル図であり；

15 図 9 は、角運動量ベクトルの回転とジャイロスコープに働くトルクベクトルの変化を、ジャイロスコープのボディに穴をあけてジャイロスコープの回転体を覗いた状態を絵で表している説明図であり；

図 10 は、四角形の辺方向に発生するトルクベクトルを表わすベクトル図であり；

20 図 11 は、本発明に係わるシングル・ジャイロスコープ方式の構成を示す模式図であり；

図 12 は、本発明に係わるツイン・ジャイロスコープ方式の構成を示す模式図であり；

図 13 は、本発明に係わるトリプル・ジャイロスコープ方式を示す図であ  
25 り；

図 14 は、本発明の一実施形態におけるジャイロを用いた力覚呈示デバイス



の使用例を示す説明図であり；および

図 1 5 は、本発明の一実施形態における 1 軸ジャイロを用いた力覚呈示デバイスの構成例を示す概念図である。

5 発明を実施するための最良の形態

(発明の原理および作用)

本発明を実施するための最良の形態を説明する前に、本発明の実施形態の理解をより容易にする目的で、本発明の原理および作用について、図 1 ～図 1 3 を参照して、詳述する。

- 10 まず、任意の方向に力を発生する方法として、1つのジャイロスコープ（上記の「ジャイロ型トルクアクチュエータ」とも呼び得るもの、以下同様）の回転軸を 3 次元方向に制御する方法と、軸固定された 3 つのジャイロスコープの相対的な回転数の比を制御する方法の 2 つがある。

- 15 1つのジャイロスコープを用いた場合は、ジャイロの回転軸方向、回転速度を制御することによって、任意の回転方向に角運動量ベクトルを発生し、任意の力を呈示することができる。

- 20 他方、3 軸方向に 3 つのジャイロスコープを配置した場合は、3 つのジャイロスコープの回転速度比を制御することによって、回転軸の制御をすることなく任意の回転方向に角運動量ベクトルを発生し、任意の力を呈示することができる。このため構造が簡単になり構造強度が増す。

また、1 軸方向に 2 組のジャイロスコープを配置し、それぞれの回転体を反対向きに回転させた場合、回転体を回転させたままでもジャイロ効果を打ち消すことができる。これにより、回転体が回転中におけるジャイロスコープ本体の回転による不必要なトルク発生を抑えることができる。

- 25 以下に、本発明のジャイロを用いた力覚呈示装置の動作原理を説明する。

(1) 角運動量ベクトルの時間的変化とトルクの関係

トルクベクトル  $\tau$  は位置ベクトル  $r$  と力ベクトル  $F$  のベクトル積で表される。

$$\tau = r \times F \quad \dots (1)$$

5

角運動量ベクトル  $L$  は、原点からの距離  $r$  と運動量ベクトル  $p$  を掛けたもので表される。

$$L = r \times p \quad \dots (2)$$

10

3次元空間の回転に対してニュートンの法則

$$F = dp/dt \quad \dots (3)$$

15 に対応する力学的な法則であるトルクベクトル  $\tau$  は、上式 (2)、(3) を用いて

$$\tau = r \times F = r \times (dp/dt) = d(r \times p)/dt \quad \dots (4)$$

20

つまり、

$$\tau = dL/dt \quad \dots (5)$$

25 と表される。この式 (5) は、トルクベクトル  $\tau$  が角運動量ベクトル  $L$  の時間についての変化量であることを表している。

## (2) ジャイロスコープ

a) 角運動量ベクトルの大きさが一定で方向が変化した場合 ( $\tau_\Omega$ ) :

図 1 に示すように、ジャイロスコープの角運動量の大きさ  $|\omega|$  ( $\omega_1 = \omega_0$ ) が  $L_0$  で一定であり、その方向が  $\Delta t$  時間の間に  $\Delta \theta$  回転したとき、角運動量ベクトル  $L$  の変化の大きさは  $\Delta L = L_0 \Delta \theta$  である。よって、角運動量ベクトル  $L$  が回転数  $\Omega$  で回転した場合のトルクの大きさ  $\tau_\Omega$  は、

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \tau_\Omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta L / \Delta t = L_0 \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \theta / \Delta t = L_0 \Omega \quad \dots (6)$$

方向を考慮すると

$$\tau_\Omega = \Omega \times L_0 \quad \dots (7)$$

と表される。

したがって、図 2 に表されるように、角運動量ベクトル  $L$  が  $y$  軸方向で、回転ベクトル  $\Omega$  が  $x$  軸方向の場合に発生するトルクベクトル  $\tau$  は  $z$  軸方向となる。

b) 角運動量ベクトルの方向は一定で大きさが変化した場合 ( $\tau_L$ ) :

図 2 に示すように、角運動量ベクトルの方向は一定で大きさが変化するときのトルクベクトル  $\tau_L$  は、

$$\tau_L = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta L / \Delta t = dL / dt \quad \dots (8)$$

と表される。図 2 は回転数  $\Omega = 0$ 、角運動量  $|\omega|$  が減少した場合を表している。

c) 角運動量ベクトルの方向及び大きさが変化した場合 ( $\tau$ ) :

図3に示すように、上記のa)とb)の両条件が成立したときが一般的であり、その時のトルクベクトル $\tau$ は上記の式(5)の

$$5 \quad \tau = dL/dt$$

が示すように、トルクベクトル $\tau$ と角運動量ベクトルの変化 $\Delta L$ は同一方向となる。

また、トルクベクトル $\tau$ は角運動量の方向変化によって発生したトルクベクトル成分 $\tau_o$ と角運動量の大きさの変化によって発生したトルクベクトル成分 $\tau_L$ との合力で表される。

### (3) ジャイロに働くトルク

ジャイロスコップをモーターで実現したとき、モーター回転子の回転を制御  
15 することでトルクが生じる。ここで、モーター回転子の角運動量ベクトルの時間的变化によって発生するモーター・カバーに働くトルクベクトルを考察してみる。

図4A、図4B、図4C、図4Dに示すように、ジャイロスコップ41のモーター回転子45の角運動量ベクトルの時間的变化にともなうトルクベクトルが  
20  $\tau$ で表されている。回転子45の回転数変化にともなう角運動量ベクトル(回転軸方向成分)の変化によって生じるトルク成分が $\tau_L$ 、回転子の回転軸の回転にともなう角運動量ベクトルの変化によって生じるトルク成分が $\tau_o$ である。

次に、モーター・カバー43に働くトルクを考えてみる。モーター・カバー43に働くモーター・回転子45の回転軸47に垂直なトルク成分は、軸受け  
25 における力の作用・反作用によって、回転子45とモーター・カバー43で、同じトルク成分 $\tau_o$ となる。これに対して、モーター・カバー43に働く回転

子回転軸 4 7 の方向のトルク成分は、回転子 4 5 の電磁石とカバー 4 3 の磁石とによる磁力の反発によって、回転子 4 5 に働くトルク成分  $\tau_L$  と反対方向のトルク成分（磁力反発トルク） $-\tau_L$  となる。よって、モーター・カバー 4 3 に働くトルクベクトルは  $\tau_a$  と  $-\tau_L$  の合成  $\tau_c$  になる。

- 5     その際、モーター・カバー 4 3 が人の手などの外力によって動いている場合は、発生するトルクはモーター・カバー 4 3 に対する回転子 4 5 の相対的な動きに依存しており、この影響を補正する必要がある。

一例をあげると、図 5 は回転子 4 5 の軸 4 7 に平行に、人の手 5 1 がモーター・カバー 4 3 を握っている状態を表している。例えば、人の手 5 1 の動き  
10     によって、回転子 4 5 の回転方向と同じ方向にモーター・カバー 4 3 が回転数  $\omega$  で回転された場合に、手 5 1 が受けるトルク  $\tau_L$  は

$$\tau_L = I d(\omega_L - \omega) / d t \quad \cdots (9)$$

- 15     となる。これを 3 次元に一般化すると

$$\tau_L = I d(\omega_L - \omega) / d t \quad \cdots (10)$$

となる。

20

#### （４）角運動量ベクトルの回転とジャイロに働くトルクの変化

角運動量ベクトル  $L$  が一定の大きさの場合、発生するトルク  $\tau$  の方向は、図 6 の矢印で示すように、ジャイロスコープ 4 1 の回転軸 4 7 の回転にともなって変化する。これではトルク  $\tau$  の方向が周期的に変わってしまい、継続的に同一方向にトルクを呈示しつづけることができない。  
25

## (5) 連続的等トルクベクトルの呈示

そこで、角運動量の方向と大きさを時間的に制御することで、トルクが連続的に一定方向を示す制御方法を考える。角運動量ベクトルの変化の軌跡が角運動量ベクトルの基点を通る円の周上を等速で移動する場合を考える。

- 5 図7は各時刻の角運動量ベクトル $L_i$  ( $i = 0-7$ )、角運動量ベクトルの変化分 $\Delta L_i$  ( $i = 0-7$ )、および角運動量ベクトルの変化にともなうジャイロスコープ・カバー43に発生するトルク $\tau_{c,i}$  ( $i = 0-7$ )を時間 $\Delta t$ 刻みで表している。ジャイロ41に働くトルクベクトル $\tau$ は角運動量ベクトルの変化分 $\Delta L_i$ と同じ方向を示す。ジャイロスコープ・カバー43に働くトルクベクトル $\tau$ は、回
- 10 転体45の回転軸47に垂直な方向に働くトルク成分 $\tau_o$ と回転軸方向に働くトルク成分 $\tau_L$ の反力であるトルク成分 $-\tau_L$ との合力トルクベクトル $\tau_c$ で表される。

- 図7において、作図から求められたトルクベクトル $\tau_{c,i}$ はどの時刻においても同一の方向を示している。 $\Delta t$ を小さくしていくと、 $\tau_{c,i}$ は $L_0$ に対して反時計
- 15 計周りに90度回転された方向に常に同じ大きさを示す(図8参照)。ここでジャイロスコープ・カバー43に働く角運動量ベクトル $L$ とトルクベクトル $\tau$ は、ジャイロスコープ・カバー43が180度回転した時に初期状態に戻っている(図9参照)。図9において、 $\tau_c$ はジャイロスコープ・カバー43に働く合力トルクを表わす。

- 20 上記では簡潔な説明のために、角運動量ベクトルの変化 $\Delta L_i$ の軌跡が角運動量ベクトル $L_i$ の基点を通る円周上を等速で移動する場合を考えた。しかし、角運動量ベクトル $L_i$ が必ずしも基点をとおらなくとも、円周上を等速で移動する場合には、連続的に一定方向を示すトルクを発生させることが可能である。

- 同様に、図10に示すように、角運動量ベクトル $L_i$ が円弧上を等速で移動
- 25 するように角運動量ベクトル $L_i$ を制御することで、四角形の辺方向にトルクベクトル $\tau_{c,i}$ を離散的に発生させることも可能である。以上から容易に推測で

きるように、本発明によるこの方法を利用すれば、時間的にも連続的、断続的、周期的といった任意のトルクベクトル  $\tau_{c,i}$  を発生させることができる。

#### (6) 角運動量ベクトルの制御方法

5 角運動量ベクトル  $L_i$  の発生・制御方法としては、

a) 図 1 1 に示すように、1つのジャイロスコープの回転数( $\omega_0$ )および回転軸の姿勢( $\Omega_1$ ,  $\Omega_2$ )を制御することで、任意の方向に任意の大きさのトルクベクトルを発生させる方法(以下、この方法を、シングル・ジャイロスコープ方式と呼ぶ)、

10 b) 図 1 2 に示すように、2つのジャイロスコープの回転体を反対向きに同じ回転数( $\omega_1$ ,  $-\omega_1$ )で回転させることで、回転体を回転させたままでもジャイロ効果を打ち消すことができる方法(以下、この方法を、ツイン・ジャイロスコープ方式と呼ぶ)、および

c) 図 1 3 に示すように、3つのジャイロスコープを3次元直交座標軸上に  
15 配置して、それぞれのジャイロスコープの回転数( $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\omega_3$ )を制御することで任意の方向に任意の大きさの合成トルクベクトルを発生させる方法(以下、この方法を、トリプル・ジャイロスコープ方式と呼ぶ)

の3つが主に考えられる。

図 1 1 に示すような、シングル・ジャイロスコープ方式では、回転軸の姿勢  
20 を制御する可動的回転軸受け部分の機械加工が難しく、構造的強度が得られにくいという点がある。しかし、この方式は、回転数を固定し、回転軸を回転させることによって、周期的にトルクを変化させたいときには制御が容易な方式である。

これに対し、図 1 3 に示すような、トリプル・ジャイロスコープ方式では、  
25 回転軸の姿勢を制御する可動的回転軸受け部分が不要であるので、構造強度が得られ易い。また、この方式は、3つのジャイロスコープの回転数比を制御す

ることで、式（１１）に示すように、任意の方向に合成角運動量ベクトル $L$ を発生させることができるので、任意の方向に合成トルクベクトルを発生・制御することが容易な方式である。

$$L = L_x i + L_y j + L_z k \quad \dots (11)$$

他方、図１２に示すような、ツイン・ジャイロスコープ方式では、２つの回転体を反対向きに同じ回転数で回転させることで、回転体を回転させたままでも、ジャイロ効果を打ち消すことができる。ジャイロスコープ中の回転体が回転しているときに外力によってジャイロスコープ全体が回転させられると、ジャイロ効果によって必ずトルクが発生してしまうが、このツイン・ジャイロスコープを用いれば、回転体回転中における不必要なトルク発生を抑えることができる。従って、この方式は、回転数を一定に保って、回転体の姿勢制御だけによって発生トルクを制御したいときに有効な方式である。

15

（実施形態）

次に、図１４と図１５を参照して、本発明を実施するための最良の形態について説明する。

まず、ゲーム機のインタフェースへの本発明の実装形態としては、以下のよう  
20 うなものが考えられる。

（１）ビデオゲーム機などの釣りゲームにおいて、魚の当たりや魚を釣り上げる感触を呈示する力覚呈示デバイス

（２）ビデオゲーム機などのシューティングゲームにおける大砲、拳銃などのガン・シューティングにおける反動を呈示する力覚呈示デバイス

25 （３）ビデオゲーム機などのゲーム内キャラクターが使用するライトサーベル、竹刀、野球バットなどの武器における抗力を示す力覚呈示デバイス



- (4) ビデオゲームの拳闘ゲームなどにおいて、ゲームプレイヤーが手足に付けたリストバンド・アンクルバンド型の本発明インターフェイスによって、ゲーム内キャラクターが繰り出す攻撃に対する反力を呈示する力覚呈示デバイス
- 5 (5) ビデオゲームのサッカーゲームなどにおいて、ゲームプレイヤーが手足に付けたリストバンド・アンクルバンド型の本発明インターフェイスによって、プレイヤーがボールを蹴った感触を呈示する力覚呈示デバイス
- (6) VR 技術を使った視覚障害者のための物体知覚能力の訓練において、視覚障害者が使用している杖で路面に叩いたときの抗力感覚を呈示する力覚呈示デ
- 10 バイス。
- (7) また、ゲーム機のみならず、外科手術のシミュレーション等にも応用することができる。

本発明の一つのこの好ましい実施例として、ビデオゲームにおける釣り竿の

15 力覚呈示装置について、図面を用いて説明する。

図14において、釣り人は、ビデオ画面（図示していない）を見ながら、釣り竿インターフェイスを操り釣りを楽しんでいる。釣り竿141の把持部143には本発明である「ジャイロを用いた力覚呈示装置」が装填されている。このジャイロを用いた力覚呈示装置は、リード線（図示していない）を介して、

20 またはコードレスにより、この力覚呈示装置を駆動制御するためのコンピュータ（図示していない）に接続されている。

- 1) 魚の探り的な引きは、釣り竿141の把持部143に装填された力覚呈示装置によって、魚の引きをシミュレートした間欠的なトルクがゲーム利用者の手元に呈示することで行われる。
- 25 2) 次に、ゲーム利用者の巧みな竿さばきのもと、魚が掛かる瞬間の一瞬の張力・抗力を、把持部143に装填された力覚呈示装置によって呈示する。

3) 魚が掛かったときには、竿 1 4 1 が魚に引っ張られる力をシミュレートした振動的なトルクを、把持部 1 4 3 に装填された力覚呈示装置によって呈示する。

4) 魚とのファイトでは、魚とのファイトをシミュレートした前後左右および上下方向への張力を感じさせるトルクを、把持部 1 4 3 に装填された力覚呈示装置によって連続的に呈示する。

上記 1) ~ 4) において、それぞれシミュレートされたトルクは、プレーヤー（ゲーム利用者）が選択した魚の種類及び大きさにより、引き具合、強さ加減、及び緩急の変化が異なるように設定（プログラミング）されている。

10 実際には、釣り竿 1 4 1 に働くトルクベクトルは、ジャイロスコープの回転体の動きからプレーヤーが動かした釣り竿の動きを差し引いた相対的な回転体の動きによって発生する。釣り竿の動きを検出するために、3次元磁気センサーなどの位置・姿勢検出器（図示していない）で釣り竿 1 4 1 の位置・姿勢を測定し、その測定値に基づいて、釣り竿の動きによって差し引かれてしまうトルク  
15 分を補正したトルクベクトルを発生させる。

図 1 5 において、上記釣り竿 1 4 1 の把持部 1 4 3 に内に充填された本発明のジャイロを用いた力覚呈示装置によって竿インターフェイスに働くトルク、つまり釣り竿 1 4 1 の把持部 1 4 3 に働く回転力を、同図の矢印 A で表している。

20 本発明のジャイロを用いた力覚呈示装置のジャイロスコープ 1 4 5 が竿 1 4 1 の断面上を回転して、図 1 5 に示すように、角運動量ベクトル  $L$  が円周上を一定の速さで変化した場合には、釣り竿 1 4 1 には、図 1 5 に示すように、一定のトルクベクトル  $\tau$  が連続的に呈示される。また、角運動量ベクトル  $L$  の大きさやジャイロスコープ 1 4 5 の回転方向を制御することで、前述の発明の原理で説明したように、任意の方向に任意の大きさ、任意に変化するトルクベクトル  $\tau$  を呈示することができる。

25

ジャイロスコープ 1 4 5 は、前述した図 1 1 のシングル・ジャイロスコープ方式でも、図 1 2 のツイン・ジャイロスコープ方式でも、図 1 3 のリプル・ジャイロスコープ方式でも実現できる。

## 請 求 の 範 囲

1. マンマシンインターフェイスデバイスを介して、使用者に力を呈示して該使用者の動きを制限することにより、仮想空間における物体の存在又は衝撃力を呈示する方法において、  
5 該呈示が、前記マンマシンインターフェイスデバイス内部に埋め込んだ回転体の回転を制御することによって行われることを特徴とする仮想物体の存在又は衝撃力呈示方法。
- 10 2. マンマシンインターフェイスデバイスを介して、使用者に力を呈示して該使用者の動きを制限することにより、仮想空間における物体の存在又は衝撃力を呈示する装置であって、  
前記マンマシンインターフェイスデバイス内部に埋め込んだ回転体と、  
該回転体を駆動する駆動手段と、  
15 該駆動手段を介して前記回転体の回転を制御することによって任意の大きさ、任意の方向にトルクを発生させ、該トルクの発生により前記呈示を生じさせる制御手段と  
を有することを特徴とする仮想物体の存在又は衝撃力呈示装置。
- 20 3. 前記回転体は、ジャイロスコープであることを特徴とする請求項2に記載の仮想物体の存在又は衝撃力呈示装置。
4. 前記制御手段は、前記ジャイロスコープを駆動制御することにより、該ジャイロスコープの角運動量を積極的に変化させて回転反力を発生させ、該回  
25 転反力の制御を行うことで、前記呈示を可変制御することを特徴とする請求項3に記載の仮想物体の存在又は衝撃力呈示装置。

5. 当該仮想物体の存在又は衝撃力呈示装置の位置及び姿勢を測定する測定手段をさらに有し、

前記制御手段は、前記ジャイロスコープ内の回転体の相対的な動きによって  
5 差し引かれてしまうジャイロスコープの効果を前記測定手段の測定に応じて補正することを特徴とする請求項4に記載の仮想物体の存在又は衝撃力呈示装置。

6. 前記ジャイロスコープは、回転体の軸受けを浮上型としてジャイロ・モータにより駆動されることを特徴とする請求項3に記載の仮想物体の存在又は  
10 は衝撃力呈示装置。

7. 前記ジャイロスコープは、複数個であることを特徴とする請求項3ないし6のいずれかに記載の仮想物体の存在又は衝撃力呈示装置。

15 8. 前記ジャイロスコープは、反対向きに同じ回転数で回転する2組のジャイロスコープであることを特徴とする請求項3ないし6のいずれかに記載の仮想物体の存在又は衝撃力呈示装置。

9. 前記ジャイロスコープは、3軸上に配置・固定された3つのジャイロス  
20 コープであることを特徴とする請求項3ないし6のいずれかに記載の仮想物体の存在又は衝撃力呈示装置。

1/15

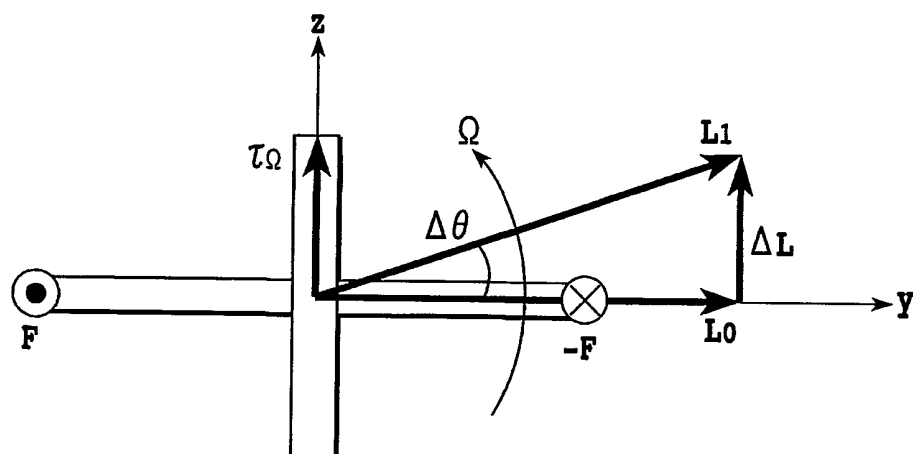


FIG.1

2/15

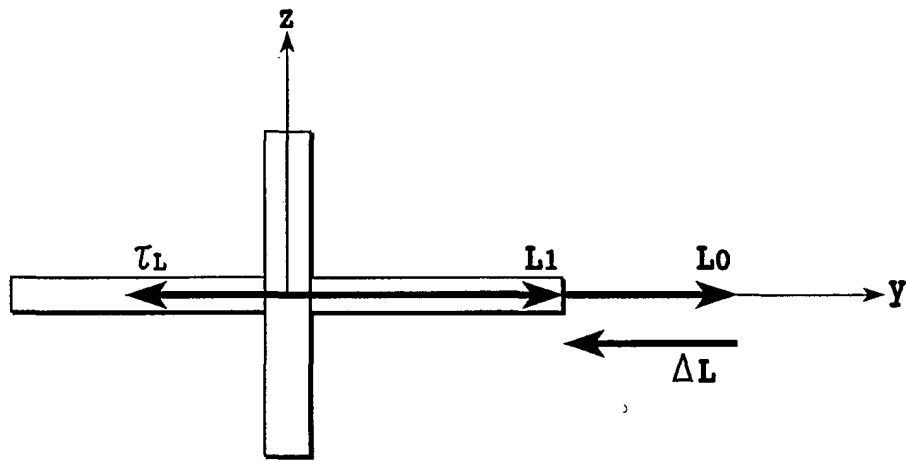


FIG.2

3/15

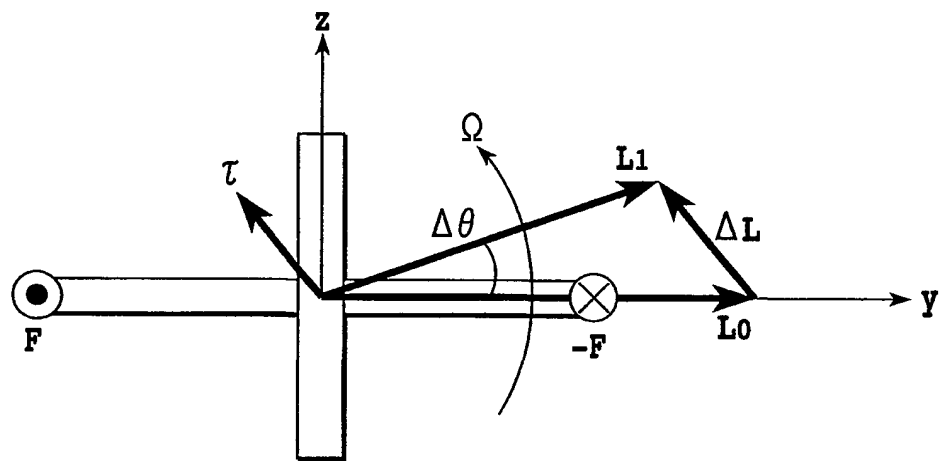


FIG.3



4/15

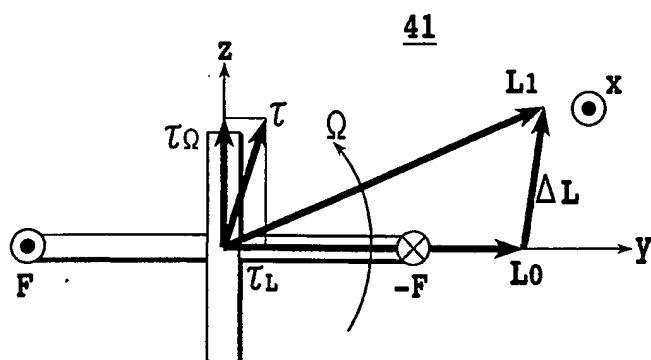


FIG.4A

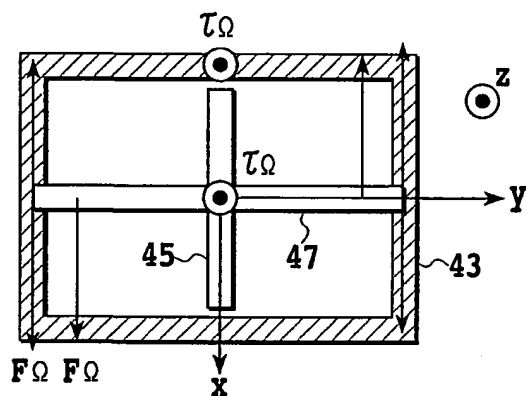


FIG.4B

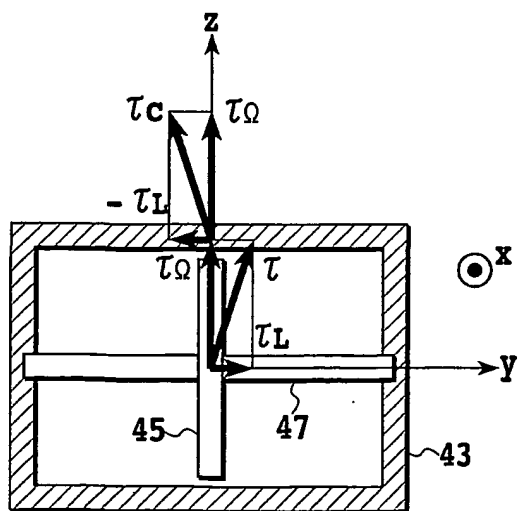


FIG.4C

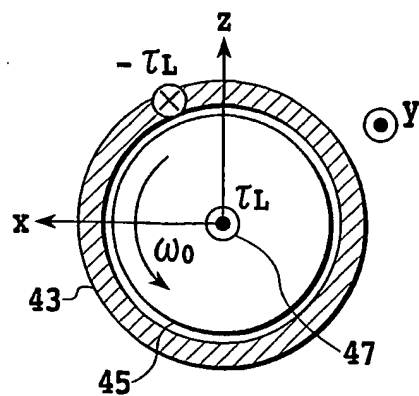


FIG.4D

5/15

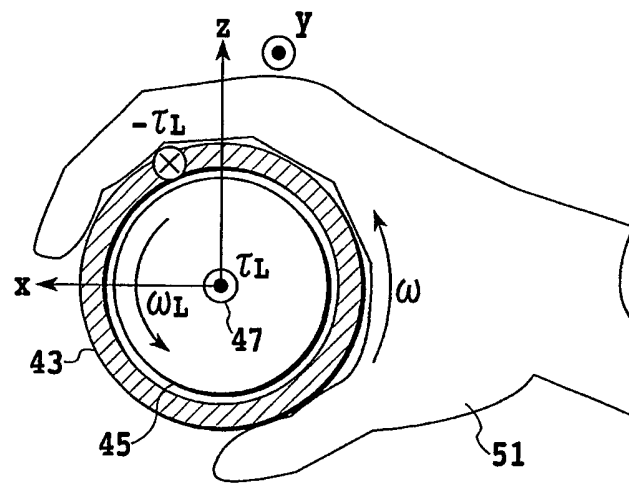


FIG.5

6/15

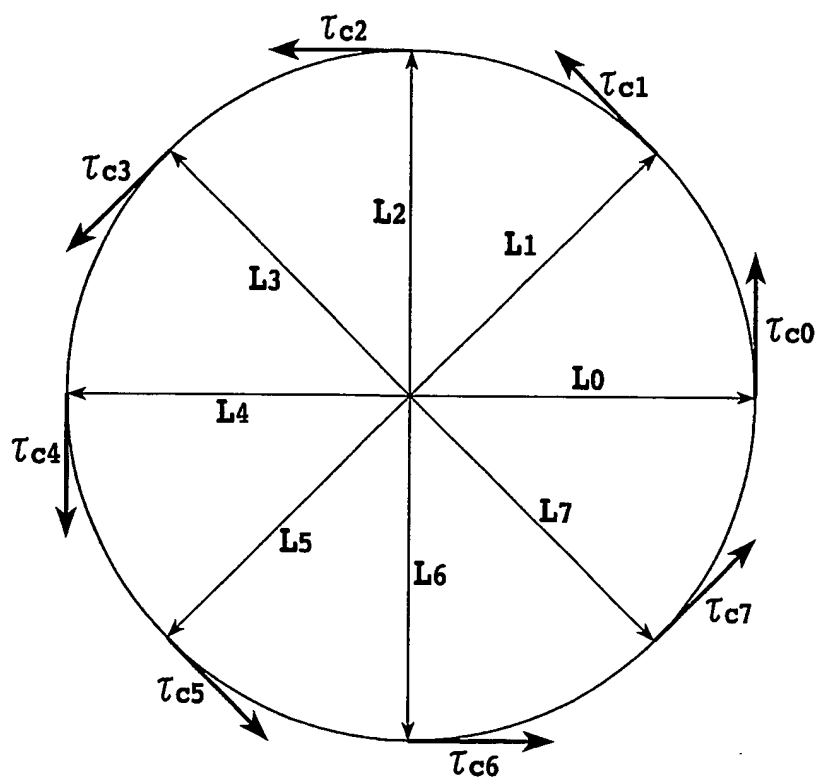


FIG.6

7/15

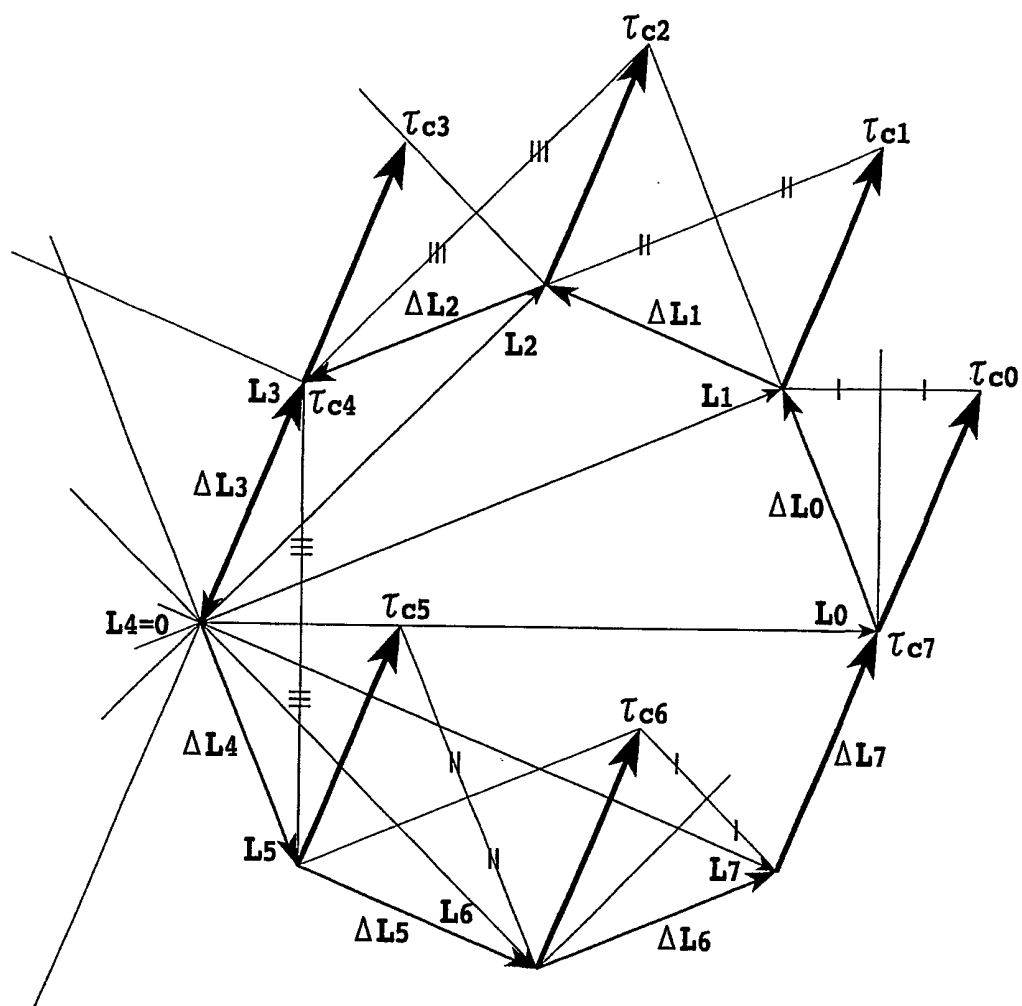


FIG.7

8/15

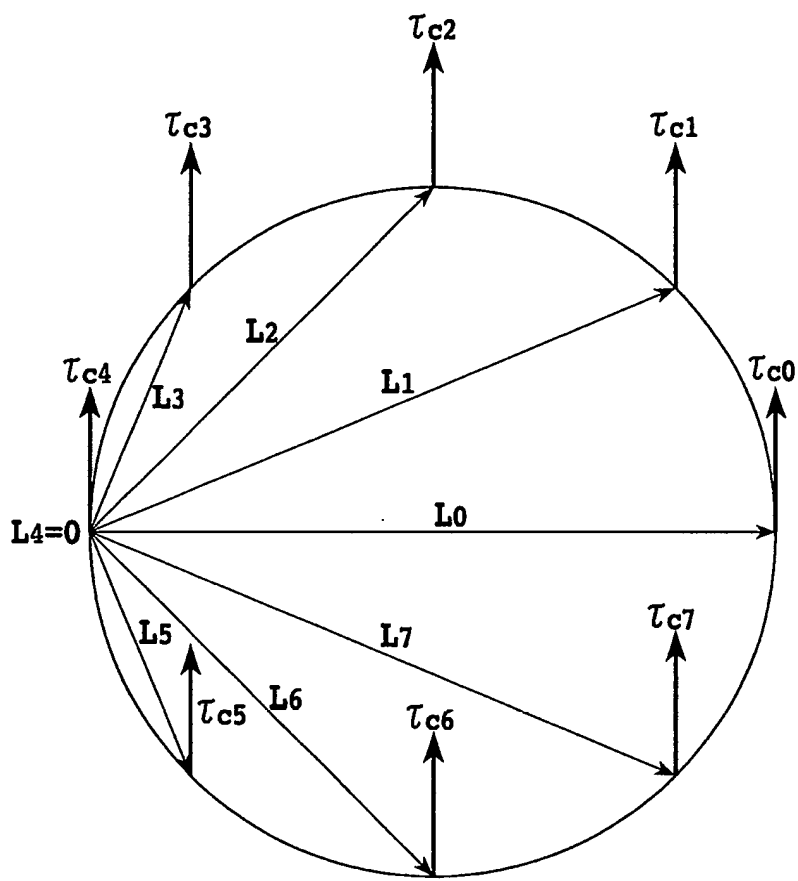


FIG.8

9/15

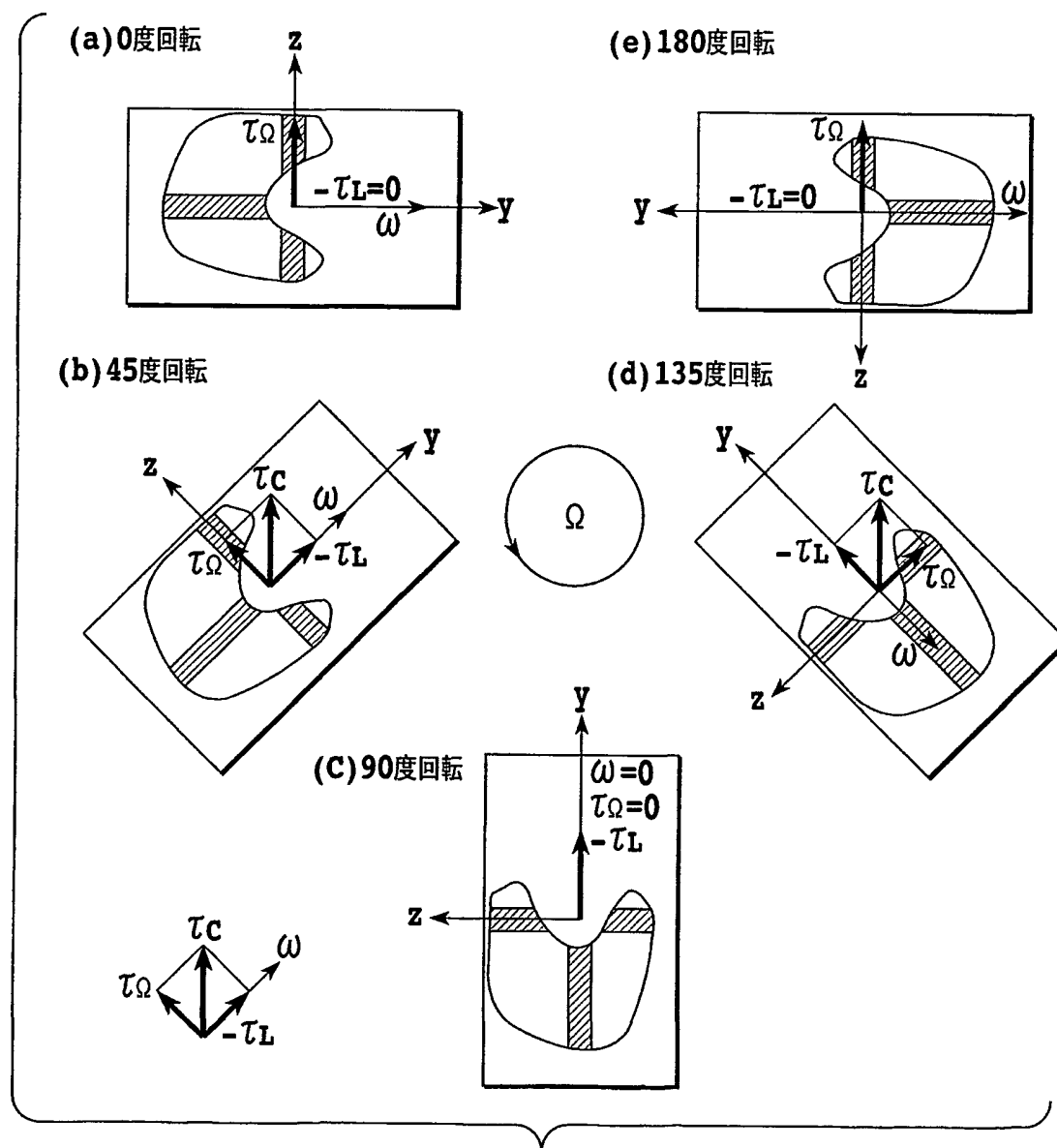


FIG.9

10/15

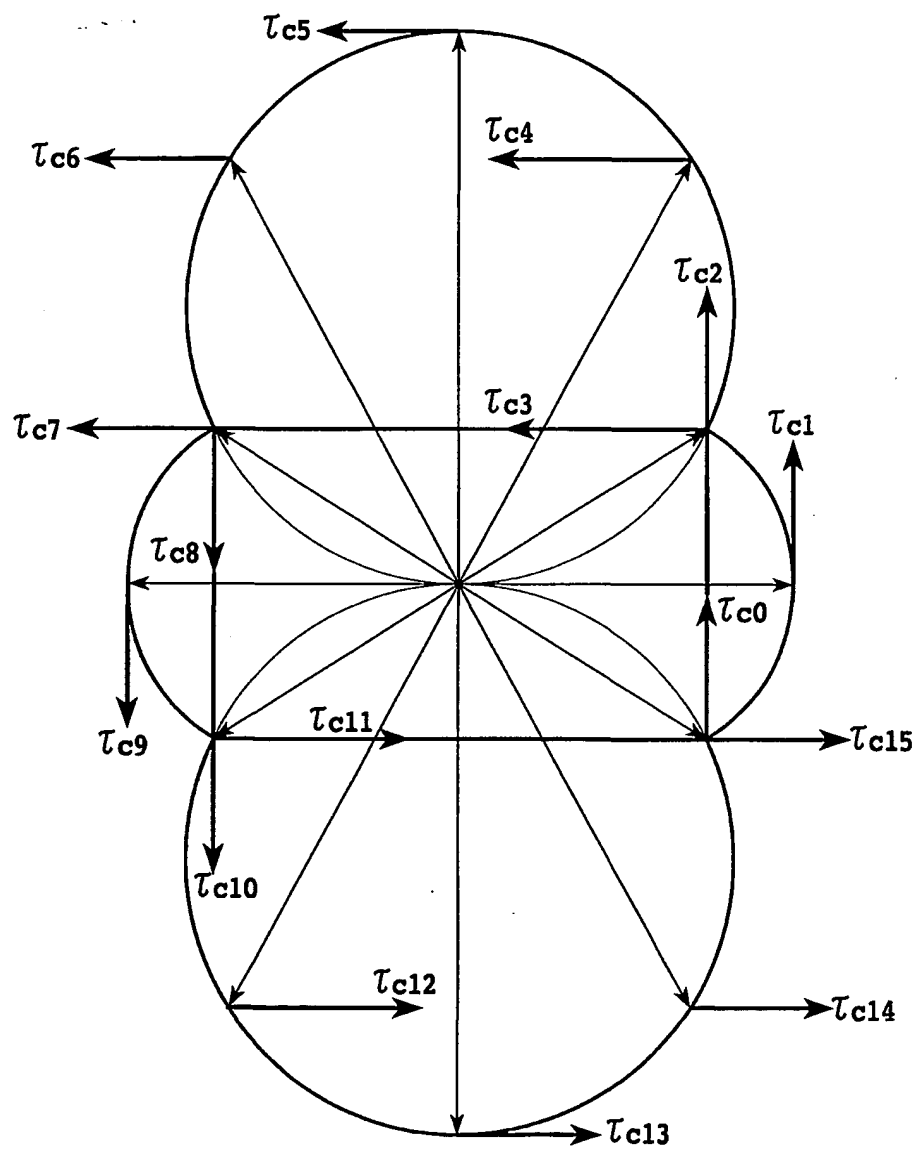


FIG.10

11/15

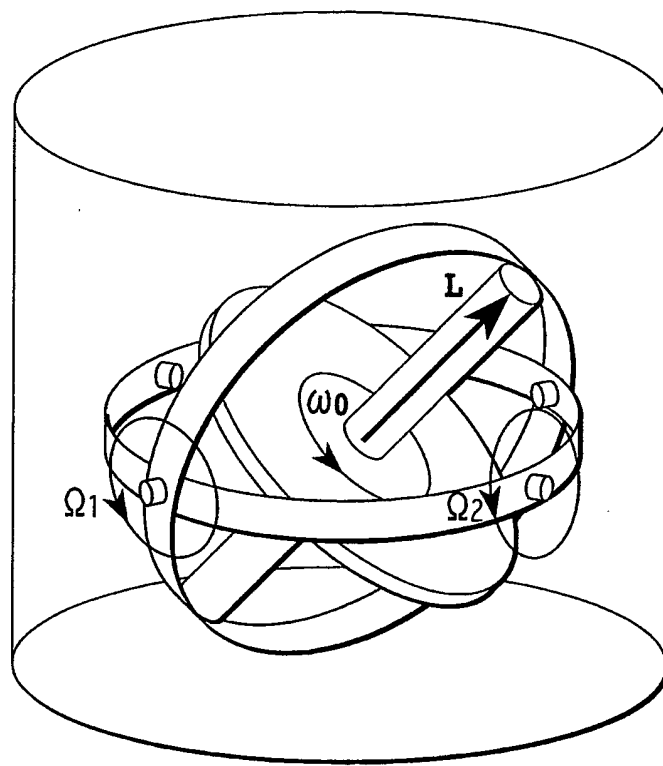


FIG.11



12/15

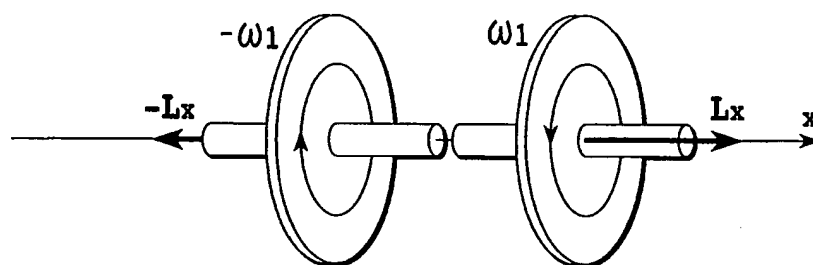


FIG.12

13/15

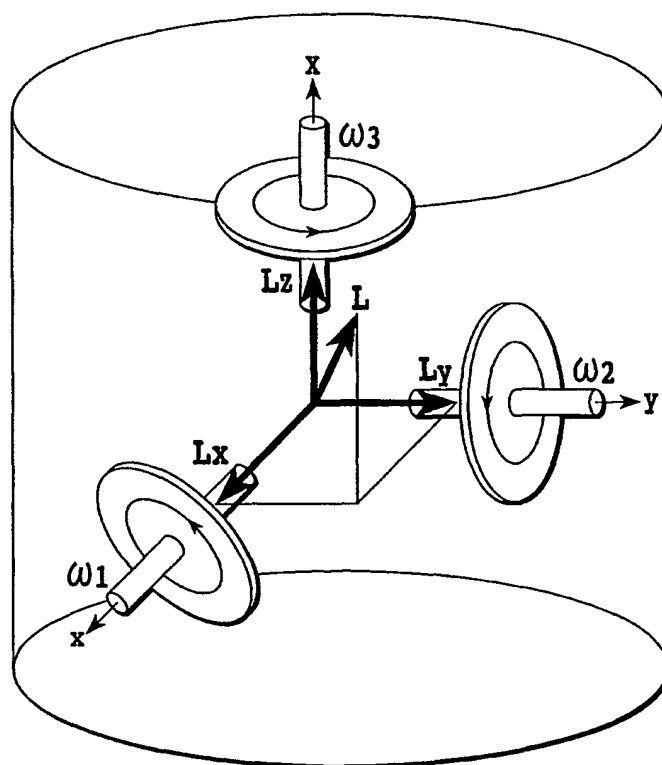


FIG.13

14/15

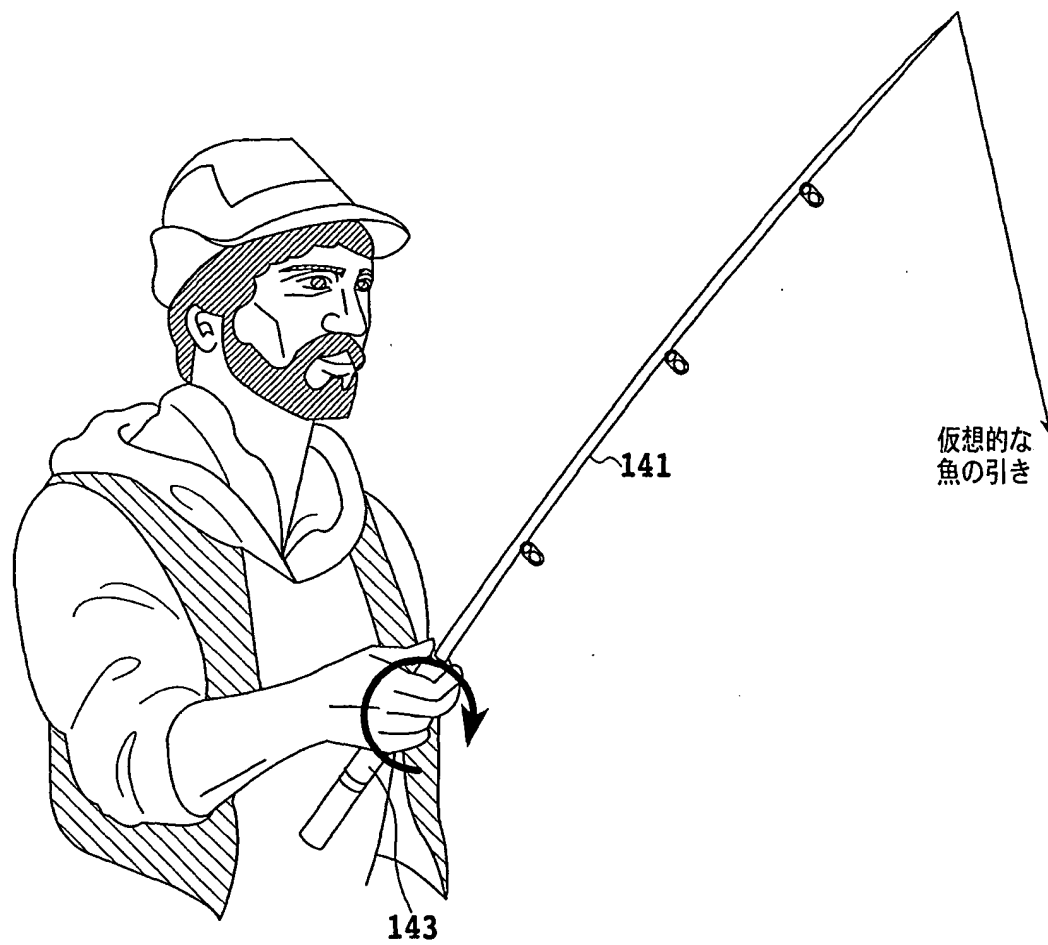


FIG.14

15/15

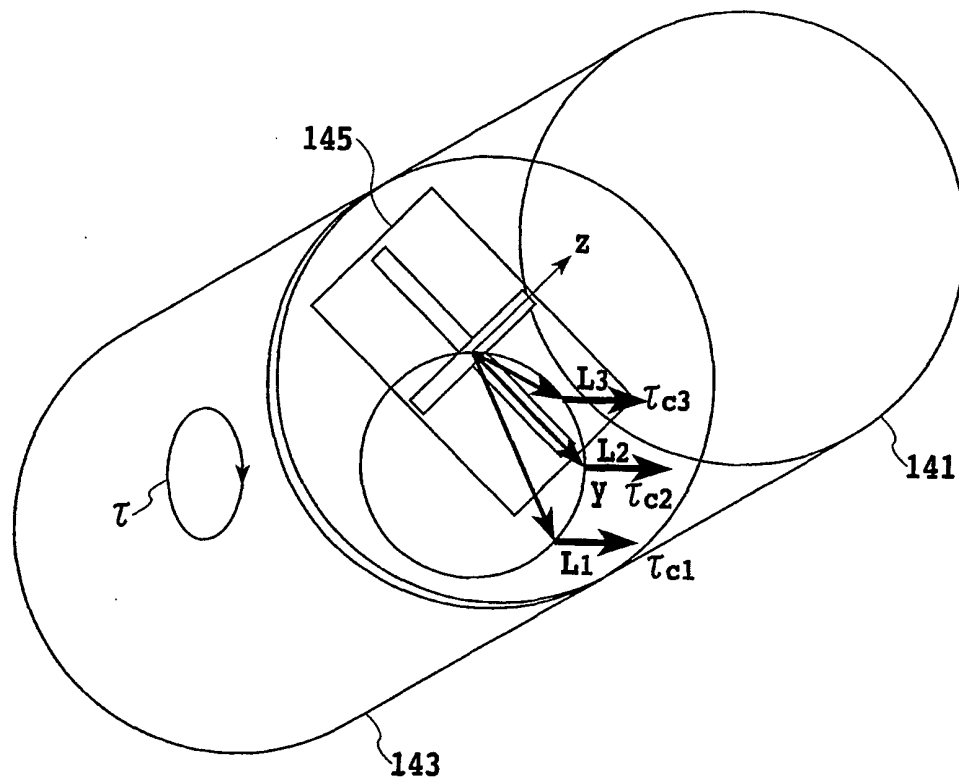


FIG.15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/02217

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G06F3/00, A63F13/02, B25J3/00, A63F13/06, A61B5/22,  
A61B19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G06F3/00, A63F13/02, B25J3/00, A63F13/06, A61B5/22,  
A61B19/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Masayuki YOSHIE, Hiroaki YANO, Hiro'o IWATA, "Gyromoment o mochiita Hiseccchi Gata Rikikaku Teiji Sochi no Kaihatsu", Correspondences on Human Interface Kenkyu Hokokushu, 23 February, 2001 (23.02.01), Vol.3, NO.1, pages 25 to 30	1-4, 7-9 5, 6
Y	JP 2000-308756 A (Taito Corp.), 07 November, 2000 (07.11.00), Columns 20 to 23 (Family: none)	5
Y	JP 3072099 U (Gyoseiin Kokka Kagaku Iinkai Seimitsu Giki Hatten Chushin), 12 July, 2000 (12.07.00), All pages; all drawings (Family: none)	6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 16 May, 2002 (16.05.02)	Date of mailing of the international search report 28 May, 2002 (28.05.02)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/02217

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	JP 2001-113048 A (Sony Corp.), 24 April, 2001 (24.04.01), All pages; all drawings (Family: none)	1-4, 7, 8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> G06F 3/00, A63F 13/02, B25J 3/00, A63F 13/06, A61B 5/22, A61B 19/00		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> G06F 3/00, A63F 13/02, B25J 3/00, A63F 13/06, A61B 5/22, A61B 19/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2002年 日本国登録実用新案公報 1994-2002年 日本国実用新案登録公報 1996-2002年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	吉江将之, 矢野博明, 岩田洋夫, ジャイロモーメントを用いた非接地型力覚提示装置の開発, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, 2001. 02. 23, Vol. 3, No. 1, P. 25-30	1-4, 7-9 5, 6
Y	JP 2000-308756 A(株式会社タイトー), 2000. 11. 07, 第20乃至23欄 (ファミリー無し)	5
Y	JP 3072099 U(行政院國家科學委員會精密儀器發展中心), 2000. 07. 12, 全ページ, 全図 (ファミリー無し)	6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
16. 05. 02	28.05.02	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 井出 和水	5 E 9 0 7 2
	電話番号 03-3581-1101 内線 3521	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P X	JP 2001-113048 A(ソニー株式会社), 2001. 04. 24, 全ページ, 全図(フ ァミリ無し)	1-4, 7, 8